

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade**

## **ILUMINAÇÃO PÚBLICA E EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA**

### **PUBLIC LIGHTING AND ENERGY EFFICIENCY**

Cristiane Krüger, Lucas Feksa Ramos e Gilnei Luiz De Moura

#### **RESUMO**

No Brasil a iluminação pública é responsabilidade dos municípios, o serviço é prestado pelas concessionárias de energia elétrica e municípios. O estudo objetiva identificar os diferentes modelos de iluminação das vias públicas, comparando-os e verificando qual o modelo de lâmpada mais eficiente para o contexto dos municípios brasileiros. O estudo apresenta um breve parecer histórico das lâmpadas utilizadas até o momento, um levantamento simplificado da legislação específica e uma análise comparativa de consumo dentre as lâmpadas comumente utilizadas, considerando consumo de potência, custo de aquisição, luminosidade, energia utilizada na geração da luminosidade e aborda questões relacionadas à gestão pública na efficientização energética na iluminação pública municipal. Os resultados indicam que a eficiência energética e a gestão adequada dos sistemas de iluminação pública podem contribuir para reduzir a demanda de energia elétrica pública, melhorar a qualidade dos serviços respectivos e minimizar impactos sociais e ambientais. Recomenda-se que a gestão pública integre-se a eficiência energética, para que se atinja esses resultados adotando-se estratégias que englobem interesses mútuos entre os principais atores envolvidos, eliminando barreiras existentes, numa gestão pública voltada para o cidadão.

**Palavras-chave:** Gestão Pública, Interesse público, Lâmpadas, Sustentabilidade.

#### **ABSTRACT**

In Brazil, public lighting is the responsibility of the municipalities, the service is provided by electric utilities and municipalities. The study aims to identify the different models of street lighting, comparing them and checking that the most efficient lamp model to the context of Brazilian municipalities. The study presents a brief historical look of the lamps used so far, a simplified survey of specific legislation and a comparative analysis of consumption among the lamps commonly used, considering power consumption, cost, brightness, energy used in the generation of light and addresses issues related to public management in energy efficiency in municipal public lighting. The results indicate that energy efficiency and the proper management of public lighting systems can contribute to reduce the demand for public electricity, improve the quality of their services and minimize social and environmental impacts. It is recommended that public management integrates to energy efficiency, in order to achieve these results by adopting strategies that target mutual interests between the main actors involved, removing existing barriers, a public administration focused on the citizen.

**Keywords:** Public Management, Public interest, lamps, Sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

A eletricidade é um insumo que impacta nos custos dos municípios e varia conforme é utilizada e como é adquirida da fornecedora. A gestão da iluminação pública com o aprimoramento das tecnologias visando eficiência e qualidade pode resultar em economia, isso porque o setor público representa parcela significativa do consumo final de eletricidade no Brasil (EPE, 2014). Se a energia elétrica utilizada para iluminar as vias públicas possui impacto considerável nas contas, cabe a nós, cidadãos, verificar se as lâmpadas utilizadas são eficientes. Afinal, somos todos nós que pagamos essa conta e cabe a nós salvaguardar e reivindicar por uma gestão pública cada vez mais eficiente.

A iluminação de ruas, centros urbanos e regiões periféricas é um bem público, cuja oferta é de interesse para a população. A iluminação desempenha importante papel como inibidor da violência e como mecanismo de desenvolvimento das comunidades de baixa renda, que convivem diariamente com a falta de infraestrutura urbana (FIDALGO, 2007).

A eficiência energética é importante vetor no atendimento à demanda futura de energia, não só no Brasil mas no mundo, contribui para a segurança energética, competitividade econômica e redução de impactos ambientais, como a emissão de gases de efeito estufa. O aproveitamento de oportunidades de eficiência energética requer uma visão integrada tanto de fontes energéticas quanto dos agentes envolvidos, o que engloba a sociedade em geral.

Relacionando eficiência energética e iluminação pública, tomando-se por base as lâmpadas comumente utilizadas, é cabível uma análise para verificar se as lâmpadas utilizadas são eficientes quanto ao custo-benefício, temperatura de cor, eficiência luminosa, fluxo luminoso, vida útil e consumo de energia elétrica. Neste sentido, este trabalho tem por propósito identificar os diferentes modelos de lâmpadas utilizadas na iluminação de vias públicas nacionais, comparando-as e verificando qual o tipo mais eficiente.

Deste modo, apresenta-se uma análise comparativa de consumo dentre as lâmpadas comumente utilizadas, considerando consumo de potência, custo de aquisição, luminosidade, energia utilizada na geração da luminosidade e aborda questões relacionadas à gestão pública na eficiência energética na iluminação pública, além de um breve parecer histórico das lâmpadas utilizadas até o momento e um levantamento simplificado da legislação específica.

## 2. ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Manter as ruas iluminadas durante a noite é uma preocupação constante das cidades por centenas de anos. Inicialmente, a iluminação era realizada de forma individual pela instalação de lanternas e lampiões na fachada das casas. Aos poucos, com o objetivo de uniformizar o serviço, esta incumbência foi transferida para órgãos especializados em associações com as administrações públicas dos municípios.

Com o surgimento de dispositivos capazes de produzir luz a partir da energia elétrica logo chamou a atenção para a iluminação de vias públicas. A iluminação a arco foi demonstrada ao público em Paris e Londres entre as décadas de 1840 e 1850. Porém, na época a forma de alimentação dos dispositivos era limitada, realizada através de células químicas, com autonomia limitada e elevado custo. As demonstrações então, eram restritas a curtos espaços de tempo, e em número reduzido de equipamentos (BERNARDO, 2007).

Após a introdução de geradores eletromecânicos, retomou-se o interesse na aplicação de dispositivos de iluminação a arco. O marco de iluminação pública bem sucedida se deu em 1878, na França, quando 62 dispositivos denominados “Velas Jablochhoff” iluminaram a *Avenue de l’Opera* em Paris.

O progresso das lâmpadas incandescentes demonstrou a necessidade de desenvolver um dispositivo capaz de operar por grandes períodos de tempo sem elementos consumíveis, visando maior praticidade de emprego e redução de custos (BERNARDO, 2007).

As lâmpadas elétricas inicialmente eram chamadas de lâmpadas a arco voltaico. Em 1879, foi inventada a lâmpada com filamento incandescente, por Thomas Edison, que perdurou por mais de 50 anos (CODI, 1988).

A primeira lâmpada de vapor de mercúrio a baixa pressão foi produzida em 1901, por Peter Cooper-Hewitt, porém só se tornaram factíveis por volta de 1930, com o avanço de materiais capazes de suportar as condições de temperatura e pressão agora exigidas. As lâmpadas de vapor de sódio foram desenvolvidas no mesmo período que as lâmpadas de vapor de mercúrio. Em virtude do vapor de sódio reagir com o vidro comum, foi necessário desenvolver um tipo especial de vidro inerte para a construção dos bulbos destes dispositivos. As lâmpadas fluorescentes surgiram em 1940, empregando um tubo de descarga de vapor de mercúrio em baixa pressão, cuja emissão de radiação estava concentrada na faixa do ultravioleta. Para melhorar a eficiência da lâmpada, a parede interna do bulbo recebia o revestimento de “fósforos” capazes de converter a radiação ultravioleta em luz visível.

A iluminação de vias públicas está presente desde o início da utilização comercial da energia elétrica. No Brasil, em 1879, registrou-se a primeira utilização da luz elétrica na Estação Rio da estrada de Ferro D. Pedro II, quando foram instaladas seis lâmpadas a arco voltaico “velas Jablochhoff”. Um dos primeiros serviços energéticos produzidos a partir da energia elétrica foi a iluminação pública. Aos poucos a iluminação pública tomou conta das cidades, em 1963 a maioria das lâmpadas utilizadas eram do tipo incandescente, em segundo lugar as fluorescentes e em terceiro, as lâmpadas a vapor de mercúrio (FRÓES DA SILVA, 2006).

As lâmpadas a vapor de mercúrio permitiam ampla cobertura luminosa, por isso, nesse período, foram utilizadas largamente em vias públicas, assim como as lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão, que mais tarde se firmaram como as mais indicadas para a iluminação pública, devido a sua eficiência na produção da luz (FRÓES DA SILVA, 2006).

Dos lampiões até a eminência dos Leds, o desenvolvimento da humanidade se confunde com a evolução da iluminação, a iluminação é destaque quando nos referimos a qualidade de vida, segurança, ocupação dos espaços públicos, no visual da cidade, para o comércio e turismo.

### **3. LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Desde 2001, o Brasil possui importante instrumento para implantação da eficiência energética, a Lei nº 10.295, Lei de Eficiência Energética. A lei estimula o desenvolvimento tecnológico, preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional. Com base nessa lei, o presente estudo busca analisar a utilização dos diferentes modelos de lâmpadas na iluminação pública, comparando a eficiência energética e o custo-benefício, dentre outros quesitos.

A Lei de Eficiência Energética determina a existência de níveis mínimos de eficiência energética em máquinas e aparelhos consumidores de energia elétrica, fabricados ou comercializados no País, assim como edificações construídas, como segue:

Art. 1o A Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia visa a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente.

Art. 2o O Poder Executivo estabelecerá níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, com base em indicadores técnicos pertinentes.

Art. 3º Os fabricantes e os importadores de máquinas e aparelhos consumidores de energia são obrigados a adotar as medidas necessárias para que sejam obedecidos os níveis máximos de consumo de energia e mínimos de eficiência energética, constantes da regulamentação específica estabelecida para cada tipo de máquina e aparelho.

Art. 4º O Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País. (LEI Nº 10.295/2001).

A lei é um dos principais componentes do marco legal da política de eficiência energética no Brasil, porém, sua implementação demanda, do executivo, esforços para a elaboração de regulamentações específicas e programas de metas, bem como acompanhamento e fiscalização de todo processo, assim como aperfeiçoamentos e melhorias contínuas. A iluminação pública deve ser implementada de acordo com a respectiva Lei de Eficiência Energética, fomentando a evolução tecnológica pertinente.

#### **4. GESTÃO PÚBLICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

O termo gestão pública, de acordo com Martins (2005), designa um campo do conhecimento (ou integra um campo do conhecimento) e de trabalho, relacionados às organizações cuja missão é o interesse público ou afete esse.

Gestão pública, de acordo com Lima (2006), é a capacidade de fazer o que precisa ser feito e só atingirá sua alta capacidade quando conseguir efetivar bom planejamento e organização. De acordo com Lima (2006), gestão pública é o fruto da relação entre processo, resultado e efeito, onde visa-se garantir qualidade a todas partes interessadas. A iluminação pública tem importância para a sociedade, é considerada um serviço essencial, contribui para a segurança pública e para a melhoria da qualidade de vida.

A demanda por energia no Brasil é crescente, a Agência Internacional de Energia (2006) considera que o consumo de energia com iluminação é responsável por 19% de toda energia elétrica gerada no mundo. Por isso é importante o crescimento de consumo de energia associado à eficiência energética, em especial de produtos destinados à iluminação. Para se suprir a demanda por energia é necessária a substituição de produtos ineficientes por produtos cada vez mais eficientes, o setor público deve servir de modelo para a sociedade em geral, essa troca deve estar acompanhada de uma gestão pública eficiente. A utilização de tecnologias eficientes nos sistemas de iluminação pública pode reduzir a demanda em horários de ponta e combater o desperdício de energia elétrica, com a melhora na qualidade dos serviços prestados.

O aumento do consumo energético, embora represente o aquecimento econômico e melhora na qualidade de vida, esgota os recursos utilizados para a produção de energia, além de impactar negativamente no meio ambiente e necessitar de elevados investimentos em busca de novas fontes e na construção de usinas. Uma maneira de conter o consumo sem comprometer qualidade de vida e desenvolvimento econômico é o uso eficiente. O princípio da eficiência norteia a Administração Pública, visa tornar a máquina pública menos cara e ineficaz, utilizando meios mais eficientes e sem desperdícios de recursos.

Apesar do potencial para melhoria da eficiência energética nos sistemas de iluminação pública, existem barreiras que impedem um maior avanço dessas ações. Uma barreira é a legislação quanto à responsabilidade dos envolvidos, concessionárias e municípios. Como visto anteriormente, a prestação dos serviços públicos é de competência dos municípios, conforme determina a Constituição Federal, já as atividades de implantação e manutenção são executadas diretamente tanto pelos municípios quanto pelas concessionárias.

Lâmpadas eficientes na iluminação pública dos municípios podem contribuir para um consumo energético consciente, favorecendo os meios relacionados, havendo comprometimento do poder público em suas próprias instalações. A gestão energética

municipal atende à legislação específica, Lei de Eficiência Energética, e o programa de gestão da energia elétrica, Gestão Energética Municipal, que visa racionalizar os gastos com eletricidade nas prefeituras.

O acesso aos recursos para eficiência energética, especialmente para os pequenos municípios, é limitado, porém para as concessionárias os recursos do PROCEL estão disponíveis, no entanto, conforme Barbosa (2000) as concessionárias consideram que investimentos para melhoria da eficiência energética dos equipamentos de uso final, como lâmpadas e reatores, reduzem o faturamento da empresa.

A gestão pública da iluminação não pode ser considerada uma solução para a falta de recursos dos municípios, mas pode contribuir para reduzir os impactos deste insumo nas contas públicas e permitir a destinação de tais economias para outras necessidades (SAIDEL, 2005). Assim, a redução dos gastos com energia elétrica, proporcionada pela melhoria da eficiência energética na iluminação pública, pode contribuir para a racionalização das despesas totais do município.

A gestão da iluminação pública representa um novo instrumento de gestão pública no âmbito municipal, através da qual o gestor deve buscar garantir que o serviço público seja prestado com eficiência e qualidade.

## 5. FONTES LUMINOSAS

Diferentes lâmpadas foram desenvolvidas ao longo dos anos, nesta seção serão apresentadas simplificadamente, algumas tecnologias, atualmente aplicáveis em sistemas de iluminação pública e suas características, essas fontes luminosas serão, posteriormente, comparadas e analisadas.

### 5.1 LÂMPADA A VAPOR DE MERCÚRIO EM ALTA PRESSÃO

A lâmpada a vapor de mercúrio (Figura 1), comercializada a partir de 1908, tem sua produção de luz através da excitação de gases provocada por corrente elétrica. A característica da impedância desta lâmpada após a partida é de alta condutância, sendo necessária a utilização de reatores para limitar a corrente elétrica de alimentação. Estes equipamentos são mais eficientes que as incandescentes e possuem maior vida mediana, sendo muito empregadas em sistemas de iluminação públicas ainda hoje.

Figura 1 – Lâmpada a vapor de mercúrio



Fonte: <http://www.luzetc.com.br> (2016).



## 5.2 LÂMPADA A VAPOR DE SÓDIO EM ALTA PRESSÃO

A lâmpada a vapor de sódio em alta pressão (Figura 2), comercializada a partir de 1955, tem princípio de funcionamento muito similar à vapor de mercúrio, tendo como diferença básica a adição do sódio, e que devido suas características físicas exige que a partida seja feita mediante a um pico de tensão da ordem de alguns quilo Volts com duração da ordem de micro segundos. A lâmpada a vapor de sódio sob alta pressão é eficiente, durável e eficiente; utiliza uma mistura de sódio com mercúrio, além de gases nobres que iniciam a ignição da lâmpada.

Figura 2 – Lâmpada a vapor de sódio



Fonte: (OSRAM, 2010).

Atualmente é uma tecnologia largamente empregada, inclusive, uma das principais ações do Programa Reluz (2015), foi a substituição de várias lâmpadas incandescentes e a vapor de mercúrio pelas lâmpadas a vapor de sódio. A grande desvantagem desta fonte luminosa é seu baixo índice de reprodução de cor (IRC) e a cor amarelada da luz emitida.

## 5.3 LÂMPADA A MULTIVAPORES METÁLICOS

A lâmpada a multivapores metálicos, conforme Figura 3, foi comercializada a partir de 1964, é uma evolução da tecnologia a vapor de mercúrio, sendo fisicamente semelhante a vapor de sódio. O princípio é o mesmo, porém a adição de iodetos metálicos, conferiu à fonte luminosa maior eficiência luminosa e IRC.

Figura 3 - Lâmpada a multivapores metálicos



Fonte: (OSRAM, 2010).

A lâmpada de multivapores metálicos apresenta um conjunto de vantagens, mais eficiente, durável e gera menos calor do que as incandescentes, oferece reprodução de cor superior às lâmpadas de vapor de sódio e de mercúrio, e supera em brilho e intensidade as fluorescentes, o que possibilita melhor direcionamento da luz. É amplamente utilizada na iluminação de grandes áreas, como estádios de futebol, praças, monumentos, dentre outros. Sua luz branca embeleza e enobrece o ambiente, proporcionando conforto visual e gerando baixa carga térmica.

#### 5.4 DIODO EMISSOR DE LUZ (LED)

O diodo emissor de luz é comumente conhecido pela sigla em inglês LED (Light Emitting Diode), sua função é emitir luz, frequentemente utilizado em eletrônicos como sinalizador, em semáforos e atualmente tem sido utilizado como lâmpada para iluminação domiciliar (Figura 4) e aos poucos ganha também as vias públicas.

Figura 4 – LED



Fonte: (OSRAM, 2010).

O LED chegou até a iluminação pública, diferentemente das lâmpadas incandescentes ou de descarga, que emitem luz através da queima de um filamento ou pela ionização de alguns gases específicos, o LED produz sua luminosidade, basicamente, através da liberação de fótons provocada quando uma corrente elétrica flui através deste componente. A evolução da tecnologia com o LED para a iluminação pública caracteriza-se por tratar-se de fontes luminosas com feixe de luz bem direcionado, livres de metais pesados, com alta vida mediana, cerca de 50.000 horas, alta eficiência – cerca de 80lm/W, resistentes a vibrações, elevado IRC, e com flexibilidade na escolha da temperatura de cor, há a expectativa de que os equipamentos empregando nestes componentes sejam a alternativa mais viável para sistemas de iluminação, o que o presente estudo pretende avaliar.

## 6. MÉTODO

Quanto aos objetivos a pesquisa caracteriza-se como descritiva e explicativa, descritiva por exigir do pesquisador uma série de informações sobre o que se deseja pesquisar. O estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987), e explicativa porque preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2007), explica o porquê das coisas através dos

resultados oferecidos. Segundo Gil (2007) uma pesquisa explicativa pode ser a continuação de outra descritiva, posto que a identificação de fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito e detalhado.

O comparativo de lâmpadas trata-se de uma pesquisa que utiliza a simulação para analisar o comportamento de um sistema durante um período, de maneira quantitativa, agindo sobre as variáveis e os parâmetros do modelo construído para representar este sistema.

Para as comparações utilizou-se quatro modelos de lâmpadas, baseado no Manual de Iluminação Pública da COPEL (2012) onde verificou-se qual a lâmpada mais eficiente, os dados de cada lâmpada foram extraídos do *datasheet* respectivo, as comparações foram realizadas conforme demonstrado nas Unidades de Fotometria e seguindo a Legislação Nacional sobre iluminação pública.

O presente estudo considerou somente a utilização de energia elétrica para a iluminação pública, porque atualmente a energia solar no Brasil requer um investimento muito alto, o que ainda é inviável para os cofres públicos; os painéis para geração de energia solar só podem ser instalados em locais que recebam sol por mais de quatro horas por dia; o retorno do investimento pode demorar mais de oito anos e não há previsão de seguro para os equipamentos.

## 7. COMPARATIVO DE LÂMPADAS

A seguir consta o comparativo entre os modelos de lâmpadas popularmente utilizados na iluminação pública nacional, quanto aos quesitos vida útil, fluxo luminoso, eficiência luminosa, temperatura de cor e um comparativo sobre o custo de aquisição de cada lâmpada com o tempo de duração.

Para a análise foram utilizados dados extraídos do *datasheet* respectivo de cada modelo de lâmpada. As lâmpadas consideradas para análise de vida útil, fluxo luminoso, eficiência luminosa, temperatura de cor e custo-benefício possuem mesma potência (400 watts), e os modelos podem ser empregados na iluminação de vias públicas, não necessariamente possuindo essa mesma potência.

Para a análise do consumo de energia elétrica foram considerados os mesmos quatro modelos de lâmpadas analisadas, porém nesse caso, com equivalência de luminosidade (lúmens).

### 7.1 VIDA ÚTIL DAS LÂMPADAS

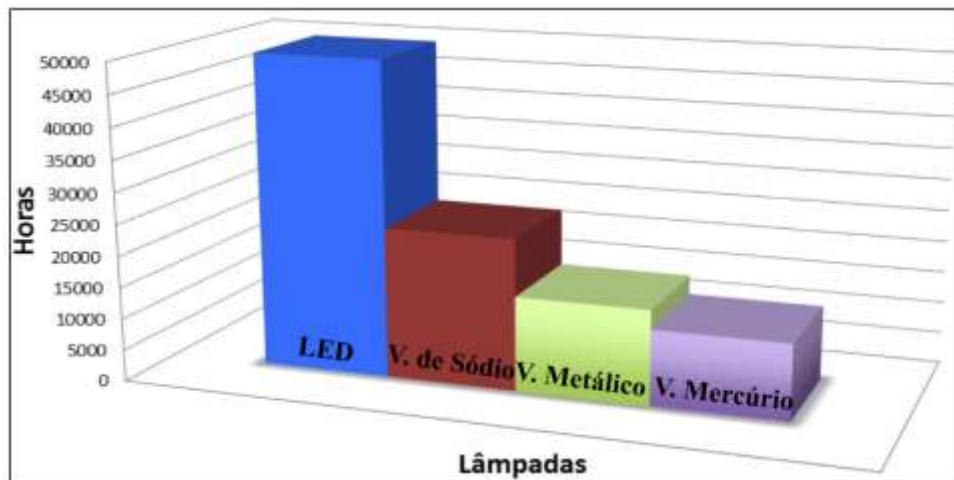
Quanto maior o tempo de vida de uma lâmpada, melhor é o sistema, isso implica em menor gasto com aquisição de novas lâmpadas e menor necessidade de manutenção. Inicialmente é preciso compreender a definição de vida útil que para as lâmpadas compreende como o tempo em horas após depreciação de um percentual de seu fluxo luminoso, devido a queima ou depreciação. A depreciação varia de 10% a 30%.

Para o presente estudo foi realizado comparativo da vida útil de quatro modelos de lâmpadas, para o mesmo não foi considerado a depreciação, as lâmpadas também reduzem e perdem sua potência devido ao impacto de íons rápidos ou até por reações químicas, essa redução não foi considerada no presente estudo, pois não possui impacto significativo no resultado final, nem atende a essência da pesquisa.

Conforme Figura 5 é possível verificar que a lâmpada de LED possui um tempo de vida útil muito maior do que às demais, mais que o dobro da lâmpada em 2ª posição (lâmpada de vapor de sódio).



Figura 5 – Comparativo da vida útil das lâmpadas



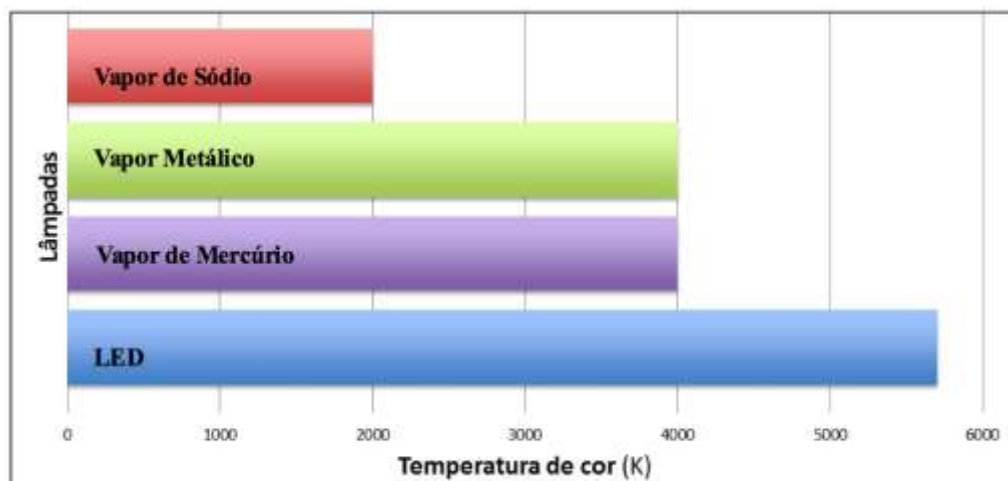
Fonte: autores.

## 7.2 TEMPERATURA DE COR

A temperatura de cor indica a cor aparente da luz emitida, ou seja, ao aumentar a temperatura de cor, a cor da luz emitida passa de uma tonalidade quente a uma tonalidade mais fria, assim de um tom avermelhado passa para o azulado. A temperatura de cor é quantificada em graus Kelvin (°K), quanto mais baixa a temperatura de cor a luz tende a ser mais amarelada, o que proporciona uma maior sensação de conforto e relaxamento, é utilizada preferencialmente em salas de estar ou quartos, já quanto mais alta a temperatura de cor, a luz tende a ser mais branca, que se assemelha a luz do dia, por isso é indicada para locais de trabalho e vias públicas, por proporcionarem uma melhor visibilidade.

O comparativo da temperatura de cor foi elaborado utilizando-se quatro modelos de lâmpadas atualmente utilizadas na iluminação pública, sendo: vapor de sódio em alta pressão, vapor de mercúrio em alta pressão, vapor metálico e LED. A Figura 6 apresenta o gráfico comparativo, sendo a lâmpada do tipo LED a que possui a tonalidade mais fria e a lâmpada de vapor de sódio a tonalidade mais quente.

Figura 6 – Comparação da temperatura de cor

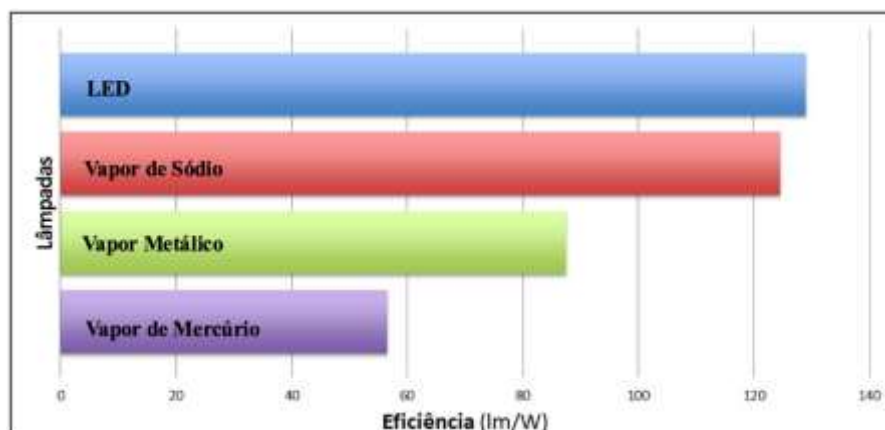


Fonte: autores.

### 7.3 EFICIÊNCIA LUMINOSA

Lâmpadas mais eficientes consomem menos potência watts, a eficiência luminosa é quociente do fluxo luminoso, em lúmens, pela potência consumida pela lâmpada em watts. A Figura 7 demonstra o gráfico comparativo da eficiência luminosa.

Figura 7 – Comparação de eficiência luminosa



Fonte: autores.

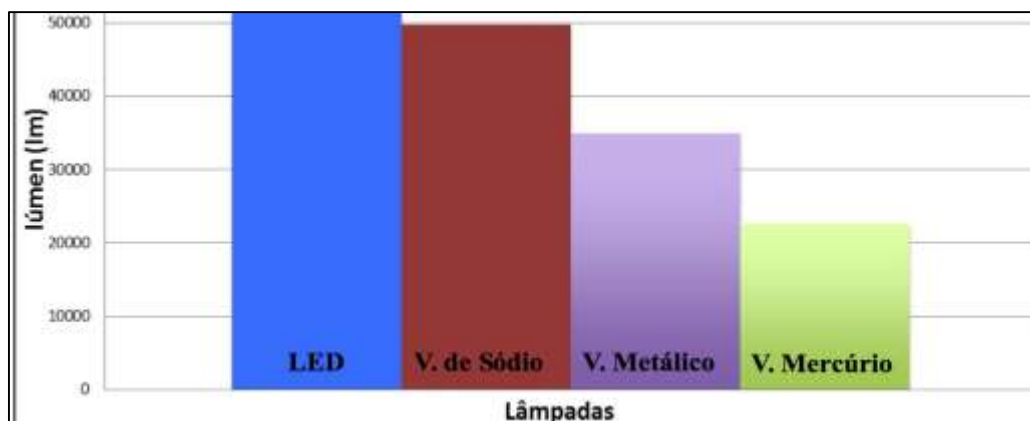
Percebe-se que dos quatro modelos de lâmpadas analisadas, a lâmpada de LED é a mais eficiente. A eficiência luminosa é um indicador de eficiência e avalia o rendimento da conversão de energia em luz por uma lâmpada.

### 7.4 FLUXO LUMINOSO

O fluxo luminoso é a energia radiante emitida em todas as direções por uma fonte luminosa, pode produzir estímulo visual. Para a análise do fluxo luminoso observa-se que não foi considerado o suporte/luminária das respectivas lâmpadas.

A Figura 8 apresenta o gráfico comparativo, é percebido que a lâmpada de LED e de vapor de sódio em alta pressão possuem fluxo luminoso bem próximo, aproximadamente 50000 lúmens, e a lâmpada de vapor de mercúrio em alta pressão apresentou aproximadamente 20000 lúmens, assim sendo, podemos dizer que, quanto menos lúmens menor a emissão de luz.

Figura 8 – Medida do fluxo luminoso



Fonte: autores.

## 7.5 CUSTO-BENEFÍCIO

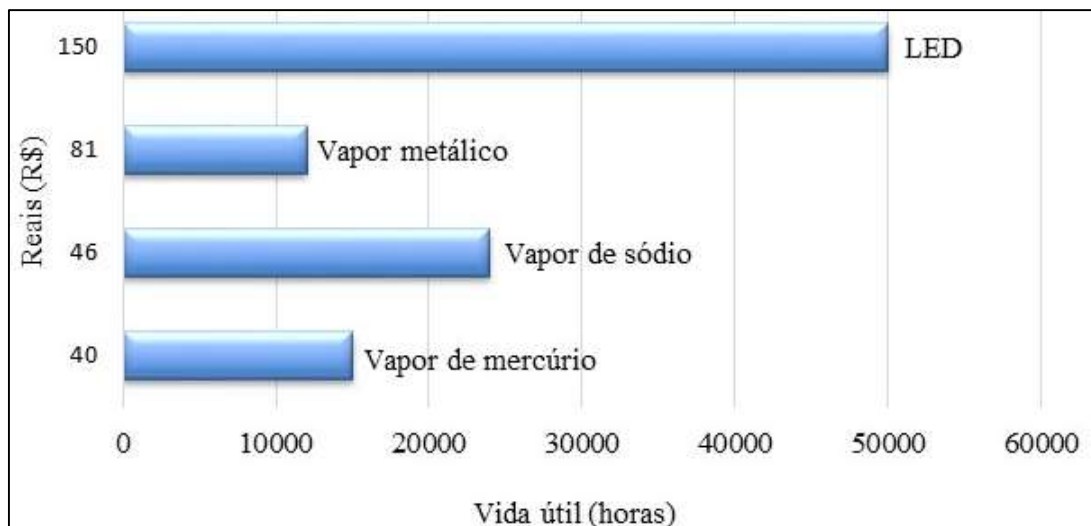
Para o comparativo custo/benefício foi considerado o custo de aquisição de cada uma das quatro lâmpadas comparadas, para tal, foi realizada uma pesquisa de mercado em catálogos em endereços eletrônicos, onde observou-se o preço médio de cada lâmpada. Quanto ao benefício, nessa análise, foi considerado o tempo de vida útil de cada tipo de lâmpada. Como quociente dessa comparação temos qual a lâmpada é mais vantajosa, ou seja, aquela que possui maior durabilidade em horas e o preço.

O gráfico da Figura 9 apresenta o comparativo custo-benefício, nele percebe-se que, novamente, a lâmpada de LED é a que possui maior tempo de vida útil porém, apresenta também o maior custo, sendo mais de três vezes superior à lâmpada de vapor de mercúrio.

A lâmpada de vapor metálico é a 2ª mais cara, percebe-se que é a lâmpada com o menor tempo de vida. Cabe a gestão pública avaliar se vale a pena realizar um investimento maior tornando o local embelezado ou adquirindo uma lâmpada com maior durabilidade e menor custo.

A lâmpada de vapor de sódio é a mais utilizada para iluminação pública, como demonstra a Figura 9, possui um custo baixo em comparação ao LED e vapor metálico, e uma duração razoável, aproximadamente metade do tempo de uma LED, sendo que seu custo ao comparado com LED é três vezes menor. Porém, é importante esclarecer que na respectiva análise não foi observada a utilização de reator, necessário para todas as lâmpadas comparadas, exceto LED, e a respectiva manutenção e operação, que agregadas tornam o custo dessas lâmpadas mais elevado.

Figura 9 – Comparação custo-benefício



Fonte: autores.

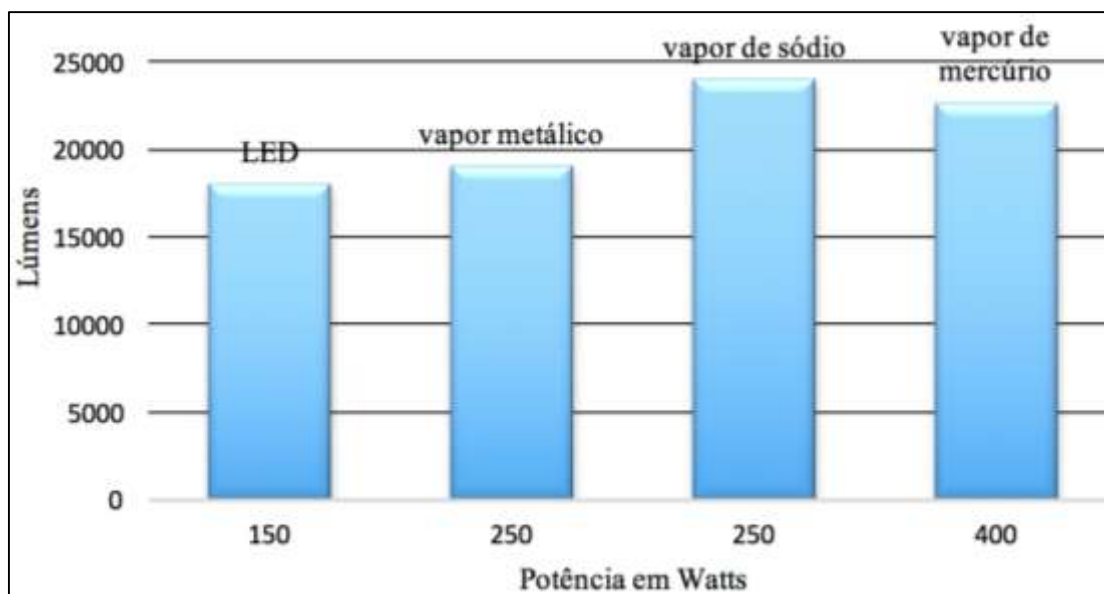
Ao analisar os gráficos percebe-se que as lâmpadas de vapor de sódio são as que demonstram resultados inferiores, semelhante às lâmpadas de vapor de mercúrio, exceto quanto ao custo-benefício, onde a lâmpada de vapor de sódio possui um baixo custo de aquisição e um tempo de vida útil de 24000.horas. Lâmpadas de LED demonstraram melhor resultado em quatro dos cinco quesitos estudados, por ainda ser uma tecnologia recente possui custo de investimento maior que as demais, porém não necessita de reator e seu custo de manutenção e operação também é inferior.

## 7.6 CONSUMO DE ENERGIA

A comparação do consumo de energia elétrica foi elaborada a partir da equivalência aproximada de Lúmens de cada lâmpada, constata-se que o LED utiliza potência de 150 watts para produzir a quantidade de lúmens semelhante às demais, sendo que a lâmpada de vapor de mercúrio utiliza potência de 400 watts para tal. Intermediariamente têm-se as lâmpadas de vapor de mercúrio e vapor de sódio, ambas com 250 watts de potência conseguem produzir quantidade de lúmens semelhante, sendo a vapor de sódio um pouco superior, conforme demonstra a Figura 10.

Verifica-se, Figura 10, que a lâmpada de LED possui o menor consumo de energia elétrica e a de vapor de mercúrio possui o maior consumo de energia, 266% por cento maior do que o LED. Uma estratégia para a diminuição do consumo de energia é a mudança nos padrões de consumo, no estilo de vida, mas as mudanças de estilo de vida pode encobrir diferenças, sejam culturais, religiosas, sociais, dentre outras, por isso tem-se muito a discutir e analisar estratégias que possam atender todas demandas e sua diversidade.

Figura 10 – Comparação consumo de energia



Fonte: autores.

## 7.7 GASTO MENSAL MÉDIO

O gasto mensal médio foi calculado utilizando-se a potência em watts de cada lâmpada, multiplicando-se pela utilização diária de 10 horas em 30 dias, considerou-se a utilização de 1000 (mil) lâmpadas de cada modelo, para que fosse perceptível a diferença dentre elas.

A Tabela 1 apresenta o gasto mensal médio de cada lâmpada. Os valores apresentados são aproximados, visto que foi considerado o tempo de 10 horas diárias, o que pode variar dependendo da estação do ano, e a taxa é baseada na tabela da AES Sul (mar, 2016).

Tabela 1 – Gasto mensal médio

Lâmpada	Watts	Horas	Dias	Taxa	kw.h/m	Gasto mensal
<b>LED</b>	150	10	30	0,52	R\$ 23,40	R\$ 23.400,00
<b>Múltiplos V. Metálicos</b>	250	10	30	0,52	R\$ 39,00	R\$ 39.000,00
<b>Vapor de Sódio</b>	250	10	30	0,52	R\$ 39,00	R\$ 39.000,00
<b>Vapor de Mercúrio</b>	400	10	30	0,52	R\$ 62,40	R\$ 62.400,00

Fonte: autores.

Percebe-se, com base na Tabela 1, que a lâmpada tipo LED é a mais vantajosa, por possuir gasto inferior às demais, e a lâmpada de Vapor de Mercúrio a menos vantajosa, o que representa um gasto mensal quase três vezes maior do que o LED. Para a comparação utilizou-se 1000 (mil) lâmpadas, e percebe-se a diferença de R\$ 39.000,00, quase 40 mil reais em um mês, com a substituição de lâmpadas de Vapor de Mercúrio por LED, se multiplicar pelas lâmpadas utilizadas em cidades maiores esse valor é ainda maior, por isso a relevância de estudos dessa magnitude. Esses valores podem ser remetidos à outras áreas, como saúde, educação ou segurança pública, cabe aos gestores a tarefa de gerir com maior eficiência.

A Tabela 2 apresenta um resumo das análises realizadas, é possível comparar o modelo de lâmpada com as respectivas características.

Tabela 2 – Classificação geral de lâmpadas

CARACTERÍSTICAS	Vapor de mercúrio em alta pressão	Vapor de sódio em alta pressão	Vapor metálico	LED
Vida útil (horas)	15000	24000	12000	50000
Fluxo luminoso (lm)	22600	49800	35000	51600
Temperatura de cor (K)	4000	2000	4000	5700
Eficiência luminosa (lm/W)	56,5	124,5	87,5	129
Custo de Aquisição	R\$ 40,00	R\$ 40,00	R\$ 81,00	R\$ 150,00
Consumo de energia (W)	400	250	250	150
Gasto mensal (R\$)	R\$ 62.400,00	R\$ 39.000,00	R\$ 39.000,00	R\$ 23.400,00

Fonte: autores.

O estudo averiguou quatro modelos de lâmpadas utilizadas na iluminação pública e constatou que a lâmpada de LED é a mais indicada, em comparação com a lâmpada de vapor de sódio de alta pressão, de vapor de mercúrio de alta pressão e de vapor metálico, quanto aos quesitos de consumo de energia, pois foi a que possui menor consumo com mesma produção de lúmens. Quanto ao custo-benefício, apesar do LED possuir um investimento inicial maior seu tempo de vida útil é maior em comparação aos demais, e por não necessitar de reator seu custo com manutenção e operação também é inferior aos demais. Quanto à eficiência luminosa o LED é mais eficiente do que as demais lâmpadas comparadas. Quanto à temperatura de cor, o LED possui a temperatura mais elevada, sua luz tende a ser mais branca, se assemelhando a luz do dia, por isso é indicada para vias públicas. Quanto ao fluxo luminoso o LED possui maior quantidade de lúmens para a mesma potência das demais, quanto menos lúmens menor a emissão de luz. Quanto à vida útil das lâmpadas o LED possui maior tempo, o dobro da 2ª posição (lâmpada de vapor de sódio). E quanto ao gasto mensal com iluminação, percebe-se que o LED é o mais vantajoso, sendo o mais em conta em comparação com as demais lâmpadas.

## 8. CONCLUSÃO

A demanda por energia no Brasil é crescente, a iluminação pública consome parte desse total, por isso é relevante avaliar as lâmpadas, compará-las e descobrir qual a lâmpada mais eficiente, aliada a gestão pública e visando eficiência energética. Através das análises realizadas é possível perceber que o LED é o mais indicado para a iluminação pública, na atual situação, quanto ao consumo de energia, quanto ao custo-benefício, quanto a eficiência luminosa, quanto a temperatura de cor, quanto ao fluxo luminoso, quanto ao tempo de vida útil e quanto ao gasto mensal, dentre todos os quesitos analisados foi a lâmpada que demonstrou melhor desempenho.

Conclui-se que as medidas para efficientização seja energética ou administrativa, como a utilização de lâmpadas eficientes e a gestão pública adequada da iluminação pública podem proporcionar benefícios para os envolvidos, sobretudo para o meio ambiente, inclusive para a sociedade nele inserida, o que é perceptível no comparativo de gastos mensais com iluminação pública, onde optando-se por lâmpadas mais econômicas, como o LED, é possível economizar valores e remetê-los para outras finalidades essenciais.



O estudo limitou-se a analisar as lâmpadas utilizadas na iluminação pública, para estudos futuros pode-se considerar demais materiais necessários na iluminação de vias, como suportes, reatores e o tipo de poste, à energia ficou restrita a energia elétrica, para estudos posteriores indica-se utilizar também a iluminação solar e a eólica como opção. Para um estudo mais completo, indica-se a replicação da presente pesquisa em uma região delimitada, como um bairro ou município, no formato de estudo de caso, quantificando as lâmpadas utilizadas de cada modelo e as respectivas características.

O presente estudo não pode afirmar quais as repercussões financeiras de sua aplicação no custo dos serviços e resultados financeiros das concessionárias e municípios.

Verificou-se, também, a necessidade de uma revisão e aperfeiçoamento da legislação para tornar os incentivos mais eficazes e tangíveis aos municípios, e a exigência de uma maior participação dos gestores públicos e privados no financiamento de projetos de eficiência energética e uso consciente de sistemas de iluminação pública.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3ª Ed. 2010. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=1689](http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689)>. Acesso em: 14 ago. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual do Programa de Eficiência Energética**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/aren2008300\\_2.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/aren2008300_2.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 414**, 9 de setembro de 2010. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>> Acesso em: 10 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

BARBOSA, R. **A gestão e o uso eficiente de energia elétrica nos sistemas de iluminação pública**. Dissertação (Mestrado em Energia). Instituto de Eletrotécnica e Energia, Escola Politécnica, Faculdade de Economia e Administração e Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2000.

BERNARDO, L. M. **História da Luz e das Cores**. Porto: Universidade do Porto, 2007.

BRASIL. **Constituição Federal**, 1988. 8ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

BRASIL. **Lei nº 10.295**, de 17 de outubro de 2001.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Portaria Interministerial nº 1007**, de 31 de dezembro de 2010.

CEESP. Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência. Disponível em: <<http://ceesp.ufsm.br/>> Acesso em 08 fev. 2016

CODI. **Substituição de Lâmpadas Incandescentes no Sistema de Iluminação Pública – Relatório SCPE.33.01** de 13 de outubro de 1988. Comitê de Distribuição (CODI), Abradee:

Rio de Janeiro, 1988.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, COPEL. **Manual de instruções comerciais nº 14 – Módulo 6: Iluminação Pública.** Documento interno. 2009.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, COPEL. **Manual de iluminação pública.** Paraná, 2012. Disponível em: <  
[http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Manuais/manual\\_de\\_iluminacao\\_publica\\_copel\\_companhia\\_paranaense\\_de\\_energia.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Manuais/manual_de_iluminacao_publica_copel_companhia_paranaense_de_energia.pdf)> Acesso em 10 dez. 2015.

ELETROBRAS. **Resultados PROCEL 2015 ano base 2014.**

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. **Consumo de energia no Brasil:** análises setoriais. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

FIDALGO, F.; FERREIRA, G.; TIRYAKI, G. F. **Iluminação Pública em Salvador: gestão, eficiência e o papel do agente regulador.** In: V Congresso Brasileiro de Regulação. Recife, 2007.

FRÓES DA SILVA, L. L. **Iluminação Pública no Brasil:** aspectos energéticos e institucionais. Dissertação (mestrado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LIMA, P. D. B.; **Excelência em Gestão Pública.** Recife: fórum nacional de qualidade, 2006.

MAFFIOTTE, J. **La electricidad y sus maravillas.** Disponível em: <  
<http://www.librosmaravillosos.com/laelectricidadysusmaravillas/index.html>> Acesso em 08 fev. 2016.

MARTINS, M. H.; **O que é gestão pública?** São Paulo, 2005. Disponível em: <  
<http://gestaopublica.net/blog/o-que-e-gestao-publica/>> Acesso em 08 fev. 2016.

OSRAM. **Manual do curso de iluminação.** Disponível em:  
<<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>> Acesso em: 20 jan. 2016.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais:** a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

SAIDEL, M. A. **A gestão de energia elétrica na USP:** o programa permanente para uso eficiente de energia elétrica. Tese. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo: 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Estrutura e apresentação de monografias, dissertações e teses:** MDT. 8. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2012.